

**EVALUACIÓN ELECTROQUÍMICA DEL EFECTO INHIBIDOR DEL ALOE VERA
EN SISTEMAS ACERO AISI SAE 1045 – SALMUERA**

KATHERINE RAMIREZ LÓPEZ

1054922331

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

PEREIRA

2018

**EVALUACIÓN ELECTROQUÍMICA DEL EFECTO INHIBIDOR DEL ALOE VERA
EN SISTEMAS ACERO AISI SAE 1045 – SALMUERA**

KATHERINE RAMIREZ LÓPEZ

1054922331

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Mecánica

Director: JOSÉ LUIS TRISTANCHO REYES, M.Sc., Ph.D.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

PEREIRA

2018

Pereira __ de _____ de 2018

Nota de aceptación:

Firma del director del proyecto

Firma del jurado

Dedicatoria

Primeramente darle gracias a Dios y en especial a Mis padres, hermano y abuela, a quienes debo agradecer infinitamente por tanto esfuerzo y sacrificio para que yo hoy pueda finalizar satisfactoriamente una etapa más de mi formación Académica.

Ustedes siempre han sido mi gran apoyo cuando he pasado malos momentos y siempre han sabido darme los mejores consejos. Nunca me olvidaré de todo lo que me han enseñado ni tampoco dejaré de amarlos y agradecerles por todo lo que han hecho por mí.

Agradecimientos

Quisiera iniciar dando mis más sinceros agradecimientos al ingeniero José Luis Tristancho Reyes, quien fue la persona que me guió y colaboro en cada obstáculo que se presento para llevar a cabo este proyecto de investigación.

También quiero agradecer a la Universidad Tecnológica de Pereira por el apoyo económico de materiales e instrumentos que se requirieron para terminar satisfactoriamente con dicho proyecto.

Por último y no menos importante quiero agradecer el respaldo de docentes, compañeros y familiares que por su ayuda y entrega puedo estar hoy presentando mi tesis de finalización de carrera.

Contenido

introducción	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1. OBJETIVOS	12
1.1. OBJETIVO GENERAL	12
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. CORROSIÓN	13
2.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA FORMA	13
2.2.1 Corrosión uniforme	13
2.2.2 Corrosión en placas	13
2.2.3 Corrosión por picado	13
2.2.4 Corrosión intergranular	14
2.2.5 Corrosión fisurante	14
2.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MEDIO	14
2.3.1 Corrosión química	14
2.3.2 Corrosión electroquímica	14
3. METODOLOGÍA	16
3.1. ETAPA 1: Revisión bibliográfica	16
3.2. ETAPA 2: Preparación de la mezcla inhibidora (ÁLOE VERA)	16
3.3. ETAPA 3: Preparación de probetas	16
3.4. ETAPA 4: ensayo sin inhibidor y ensayo con inhibidor	16
3.5. ETAPA 5: informe final	17
4. RESULTADOS	18
4.1. DATOS REQUERIDOS POR EL PROGRAMA	18
4.2. RECOPIACIÓN DE DATOS SOMETIDOS EN SALMUERA	19
4.3. RECOPIACIÓN DE DATOS SOMETIDOS EN SALMUERA CON 10% DE INHIBIDOR	20
4.4. RECOPIACIÓN DE DATOS SOMETIDOS EN SALMUERA CON 15% DE INHIBIDOR	22
5. CONCLUSIONES	26
6. APORTES Y RECOMENDACIONES	27

7.	BIBLIOGRAFÍA.....	28
8.	ANEXOS	29

Lista de figuras, tablas y gráficas.

Figura 1. LPR 0 horas exposición en salmuera	19
Figura 2. Tafel 0 horas exposicion en salmuera	19
Figura 3. Prueba LPR salmuera + 10% de áloe vera para 0 y 24 horas.....	20
Figura 4. Pruebas LPR salmuera + 10% áloe vera para 48 y 72 horas.....	21
Figura 5. Pruebas tafel salmuera + 10% de áloe vera para 0 y 24 horas.....	21
Figura 6. Pruebas tafel salmuera + 10% de áloe vera para 48 y 72 horas.....	21
Figura 7. Pruebas LPR salmuera + 15% de áloe vera para 0 y 24 horas.....	22
Figura 8. Pruebas LPR salmuera + 15% de áloe vera para 48 y 72 horas.	23
Figura 9. Pruebas tafel salmuera + 15% de áloe vera para 0 y 24 horas.....	23
Figura 10. Pruebas tafel salmuera + 15% de áloe vera para 48 y 72 horas.	23
Tabla 1. Materiales y propiedades en el montaje	18
Tabla 2.Resultado para la exposición en salmuera.....	20
Tabla 3.Resultado para la exposición en salmuera + 10% áloe vera.....	22
Tabla 4. Resultado para la exposición en salmuera + 15% áloe vera.....	24
Gráfica 1. Velocidad de corrosión vs horas de trabajo.	24

Lista de anexos

ANEXO 1. Fotografía de probetas..... 29

ANEXO 2. Fotografía de montaje 29

ANEXO 3. Montaje final 30

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de corrosión consiste en el proceso de deterioro de materiales metálicos mediante reacción química y electroquímica, debido a que estos materiales buscan alcanzar un estado de menor potencial energético; este proyecto tiene como finalidad conocer el comportamiento del áloe vera como inhibidor, al someter el acero AISI SAE 1045 a ataque corrosivo en salmuera al 3,5% en peso (3,5% W).

Este proyecto se originó viendo la necesidad de utilizar inhibidores de corrosión de bajo costo para el sector industrial y que no sean perjudiciales para el medio ambiente.

Con este estudio se espera obtener el soporte necesario para verificar el comportamiento inhibidor del áloe vera (en estado líquido) en este sistema (acero AISI SAE 1045 y salmuera) en particular. Dependiendo de los resultados también se espera validar o refutar el uso de este inhibidor contra la corrosión.

Esta caracterización se espera obtener mediante técnicas electroquímicas de resistencia a la polarización lineal y curvas de polarización tafel CP.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La corrosión en aceros AISI SAE 1045.

Cuando una estructura metálica entra en un proceso de corrosión sus propiedades mecánicas se pierden y, por tanto, la seguridad y confianza en la estructura también. El metal comenzará a debilitarse en las áreas afectadas; al mismo tiempo, se desgastarán sus partes móviles o de mayor uso y dependiendo del proceso mismo, la estructura puede deformarse, romperse o simplemente dejar de funcionar correctamente, se volverá frágil e inadecuada para el trabajo, debido a las deformaciones o rupturas que pueda sufrir y fácilmente podrá convertirse en una causa de accidentes.

Las causas más frecuentes por las que se produce la corrosión del acero son: la carbonatación del concreto, el ataque de cloruros y de sulfatos, y la acción de medio ambientes agresivos.

Al ser el acero uno de los elementos más utilizados en las estructuras metálicas, se requiere tener muy presente los diferentes tipos de corrosión y como puede ser combatida.

Para corregir este problema se han realizado muchos esfuerzos a través de la historia y se han diseñado inhibidores para tratar de mitigar un poco el problema, un ejemplo de esto es la pintura, que evita que la superficie donde se aplica se oxide.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto inhibidor del áloe vera mediante técnicas electroquímicas en aceros AISI-SAE 1045-salmuera al 3,5% en peso.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar y desarrollar un proceso para simular el efecto del ataque corrosivo en acero AISI SAE 1045 en solución salina al 3,5% sin inhibidor.
- Determinar los posibles cambios al someter el acero AISI SAE 1045 a ataque corrosivo en solución salina al 3,5% más agente inhibidor.
- Obtener el valor de resistencia a la corrosión (resistencia a la polarización lineal) presentado por el sistema acero AISI SAE 1045 y salmuera.
- Obtener los valores de resistencia a la polarización lineal al exponer acero AISI SAE 1045 en solución salina al 3,5% en peso más la presencia de agente inhibidor.
- Determinar la viabilidad del aloe vera en el acero AISI SAE 1045.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CORROSIÓN

Es la transformación indeseable de un material como consecuencia del medio que lo rodea. Se llaman agentes agresivos a aquellos que producen la corrosión, estos pueden ser: la atmósfera, el agua de mar, el aire húmedo, los vapores ácidos, etc. El fenómeno de corrosión se extiende a todos los materiales; pero solamente se tendrá en cuenta la corrosión metálica. Todos los metales pueden ser usados siempre que su velocidad de deterioro sea aceptablemente baja. De este modo en corrosión se estudia la velocidad con que se deteriora los metales y las formas en que dicha velocidad puede ser controlada.

2.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA FORMA

Cuando se quiere evaluar los daños producidos por la corrosión resulta muy conveniente la clasificación según la forma.

2.2.1 Corrosión uniforme

El ataque se extiende en forma homogénea sobre toda la superficie metálica y la penetración media es igual en todos los puntos. Esta es la forma más benigna de corrosión pues permite calcular fácilmente la vida útil de los materiales corroídos.

2.2.2 Corrosión en placas

Incluye los casos intermedios entre corrosión uniforme y corrosión localizada. El ataque se extiende más en algunas zonas, pero se presenta aún como un ataque general.

2.2.3 Corrosión por picado

Durante el picado, el ataque se localiza en puntos aislados de superficies metálicas pasivas, propagándose hacia el interior del metal en forma de canales

cilíndricos. Este tipo de ataque, así como el intergranular y el fisurante, son las formas más peligrosas bajo las cuales se puede presentar la corrosión.

2.2.4 Corrosión intergranular

Se presenta como una franja estrecha de ataque que se propaga a lo largo de los límites de grano.

2.2.5 Corrosión fisurante

Se conoce como corrosión bajo tensiones. Se presenta cuando un metal está sometido simultáneamente a la acción de un medio corrosivo y de tensiones mecánicas de tracción. Se forman fisuras que pueden ser intergranulares o transgranulares y que se propagan hacia el interior del metal, se puede llegar hasta la fractura del metal. La velocidad de propagación oscila en general entre 1 y 10 mm/hora.

2.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MEDIO

2.3.1 Corrosión química

Bajo esta denominación se estudian aquellos casos en que el metal reacciona con un medio no-iónico (por ejemplo oxidación en aire a altas temperaturas). Supongamos que exponemos una superficie metálica limpia a la acción del oxígeno, el metal comenzará a reaccionar con el oxígeno formando óxidos.

2.3.2 Corrosión electroquímica

A temperatura ambiente la forma de corrosión más frecuente y más seria es de índole electroquímica, este tipo de corrosión implica un transporte de electricidad a través de un electrolito. En los procesos de corrosión electroquímica circulan, sobre el material expuesto a corrosión, corrientes eléctricas. Se demostró que durante la corrosión se cumplen las leyes de Faraday. Las causas más frecuentes de estas corrientes eléctricas son:

- i) El contacto de dos materiales diferentes, tal como ocurre con el hierro en contacto con el cobre, el aluminio en contacto con el cobre, el cobre en contacto con el zinc, etc. La unión de dos partes de un mismo metal mediante un material de soldadura,
- ii) Presencia de fases diferentes de una misma aleación. Ej. aceros inoxidables.
- iii) Presencia de óxidos conductores de electrones. Por ejemplo óxido de laminación en chapas de Fe.
- iv) Diferentes grados de aireación de una pieza metálica.
- v) Corrientes inducidas por circuitos eléctricos mal aislados. Tal es el caso de corrientes vagabundas en estructuras metálicas enterradas.
- vi) Impurezas, tensiones en el metal, etc.

Los factores anteriormente mencionados hacen que en el metal existan zonas de diferente potencial, es decir aparecen zonas anódicas y zonas catódicas (micro electrodos) que convierten al cuerpo metálico junto con el medio agresivo en un gran conjunto de micro pilas electroquímicas. El medio agresivo puede ser la delgada capa de humedad que casi inevitablemente recubre a todo cuerpo expuesto al aire atmosférico.

3. METODOLOGÍA

3.1. ETAPA 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En primera instancia se hizo una recopilación bibliográfica en artículos, revistas, páginas Web, libros y trabajos de grado, con el fin de obtener el conocimiento adecuado para el desarrollo del proyecto y se clasificó la información relacionada con los temas de interés, como fue el de la corrosión y los tipos de corrosión que se presentan según el medio y según la forma.

3.2. ETAPA 2: PREPARACIÓN DE LA MEZCLA INHIBIDORA (ÁLOE VERA)

Se utilizó áloe vera líquido que se encontró en supermercado de cadena (LA 14), el cual ya venía listo para realizar la mezcla requerida.

3.3. ETAPA 3: PREPARACIÓN DE PROBETAS

Las probetas fueron elaboradas por maquinado a partir de un tubo de acero AISI SAE 1045, con dimensiones de 20 mm de diámetro por 5 mm de espesor, la superficie de las probetas fue pulida con lija de carburo desde la 80 hasta la 1000. **(ANEXO 1)**

3.4. ETAPA 4: ENSAYO SIN INHIBIDOR Y ENSAYO CON INHIBIDOR

Se realizó el montaje del experimento **(ANEXO 2)**, en el cual se realizaron pruebas en salmuera, en salmuera con 10% de inhibidor y en salmuera con 15% de inhibidor, en una mezcla de 35 g de sal en un litro de agua destilada (solución corrosiva).

Estas pruebas se ejecutaron en un cronograma establecido, con un tiempo de exposición de 72 horas de trabajo, en las cuales se realizaron pruebas LPR y TAFEL cada 24 horas, iniciando desde las 00 horas.

3.5. ETAPA 5: INFORME FINAL

Se preparó la presentación donde se muestran los datos, análisis, conclusiones y resultados finales del efecto que hizo el inhibidor sobre las probetas de acero AISI SAE 1045 en la simulación de un ambiente agresivo (SALMUERA).

4. RESULTADOS

4.1. DATOS REQUERIDOS POR EL PROGRAMA

Son datos relacionados con propiedades del material de las probetas y los materiales del montaje.

Tabla 1. Materiales y propiedades en el montaje

ELECTRODO DE TRABAJO	SCE (electrodo saturado de calomelanos)
MATERIAL DEL ACERO	AISI SAE 1045
ELECTROLITO	Salmuera + Aloe vera
ÁREA DE MATERIAL AFECTADA	$2,54 \text{ cm}^2$
PH	7
DENSIDAD DEL ACERO	$7,85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$
PESO EQUIVALENTE	17,21892267 g

4.2. RECOPIACIÓN DE DATOS SOMETIDOS EN SALMUERA

A continuación se muestran los resultados adquiridos en las pruebas LPR y TAFEL en exposición con salmuera para 0, 24,48 y 72 horas.

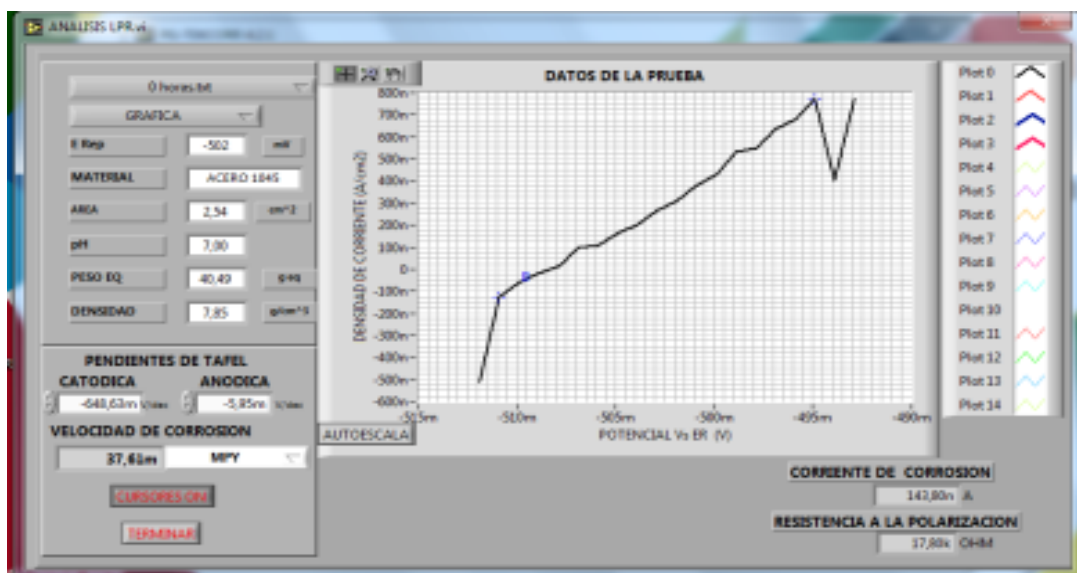


Figura 1. LPR 0 horas exposición en salmuera

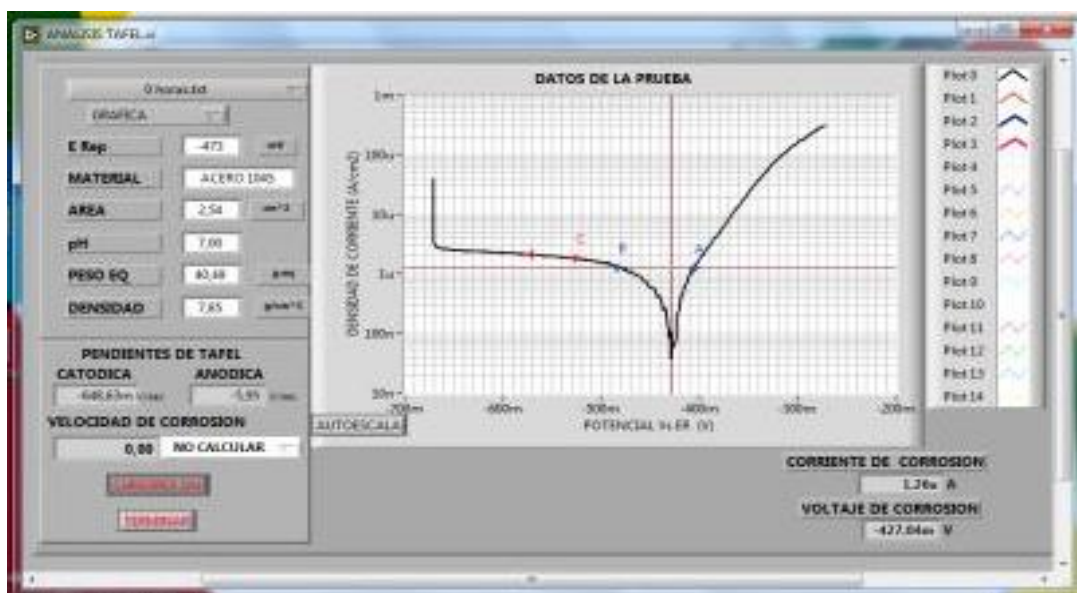


Figura 2. Tafel 0 horas exposición en salmuera

MPY: milipulgadas por año, mV/dec: mili voltios por década

Tabla 2.Resultados para la exposición en salmuera

HORAS DE TRABAJO [h]	PENDIENTES		VELOCIDAD DE CORROSIÓN [MPY]
	ANÓDICA [mV/dec]	CATÓDICA [mV/dec]	
0	-648,63	-5,95	37,61
24	-283,48	110,24	5,39
48	-171,27	62,7	5,01
72	-69,29	30,79	2,98

4.3. RECOPIACIÓN DE DATOS SOMETIDOS EN SALMUERA CON 10% DE INHIBIDOR

Se muestran los resultados adquiridos en las pruebas LPR y TAFEL en exposición con salmuera + 10% de áloe vera para 0, 24,48 y 72 horas.



Figura 3. Prueba LPR salmuera + 10% de áloe vera para 0 y 24 horas.

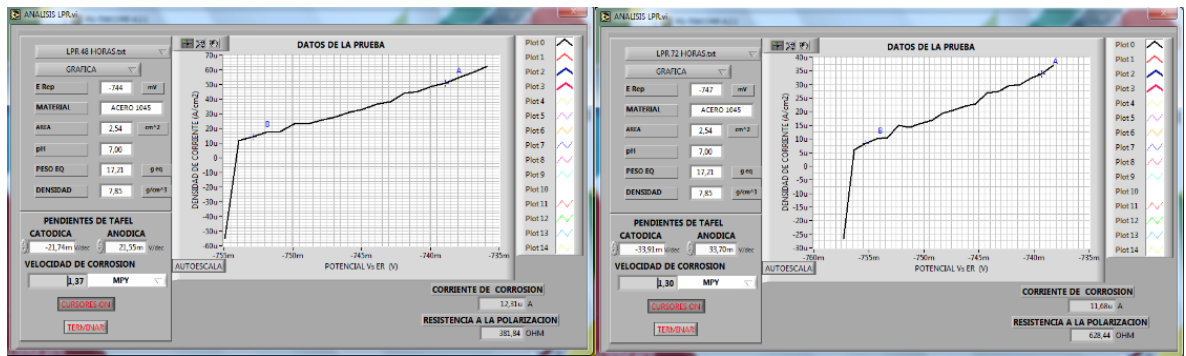


Figura 4. Pruebas LPR salmuera + 10% áloe vera para 48 y 72 horas.

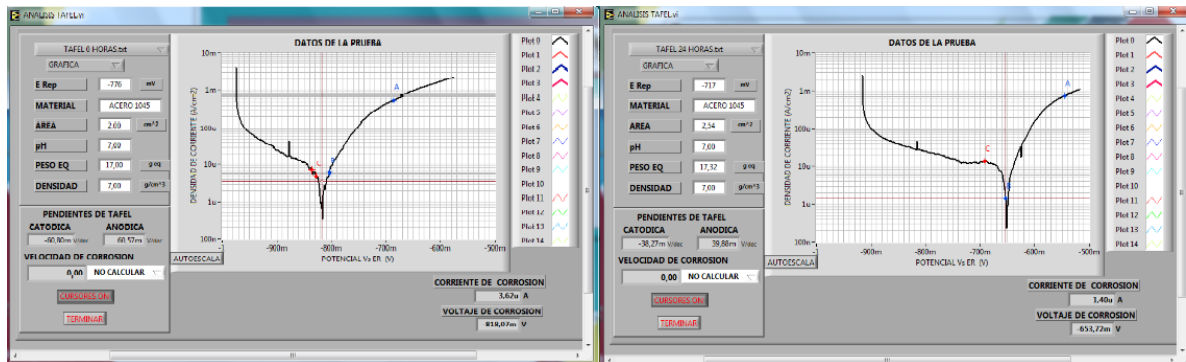


Figura 5. Pruebas tafel salmuera + 10% de áloe vera para 0 y 24 horas.

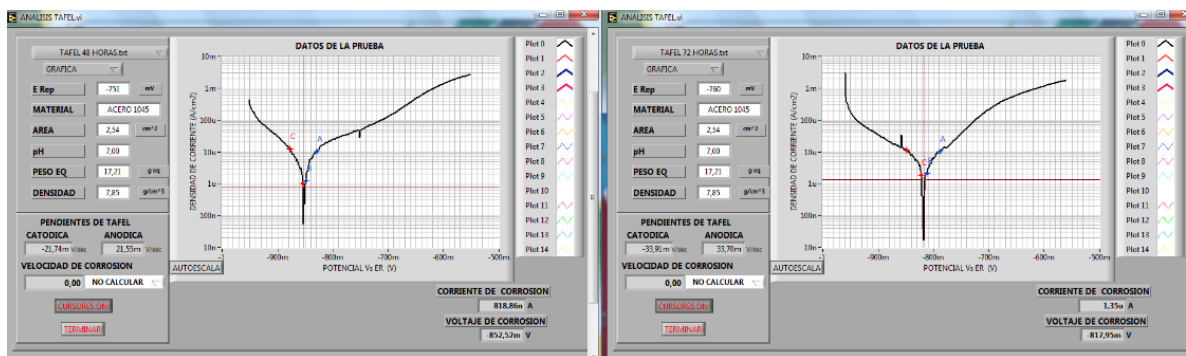


Figura 6. Pruebas tafel salmuera + 10% de áloe vera para 48 y 72 horas.

Tabla 3.Resultado para la exposición en salmuera + 10% áloe vera.

HORAS DE TRABAJO [h]	PENDIENTES		VELOCIDAD DE CORROSIÓN [MPY]
	ANÓDICA [mV/dec]	CATÓDICA [mV/dec]	
0	60,57	-60,57	5,02
24	39,88	-38,27	2,19
48	21,55	-21,74	1,37
72	33,70	-33,91	1,30

4.4. RECOPIACIÓN DE DATOS SOMETIDOS EN SALMUERA CON 15% DE INHIBIDOR

Se muestran los resultados adquiridos en las pruebas LPR y TAFEL en exposición con salmuera + 15% de áloe vera para 0, 24,48 y 72 horas.

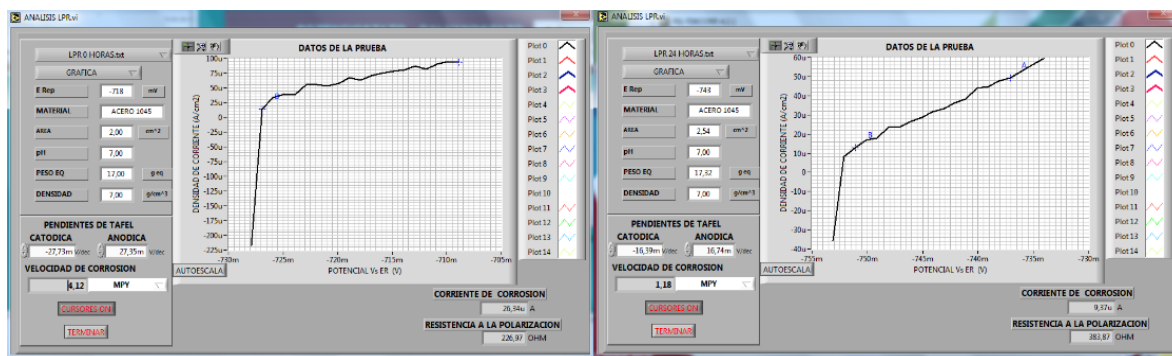


Figura 7. Pruebas LPR salmuera + 15% de áloe vera para 0 y 24 horas.

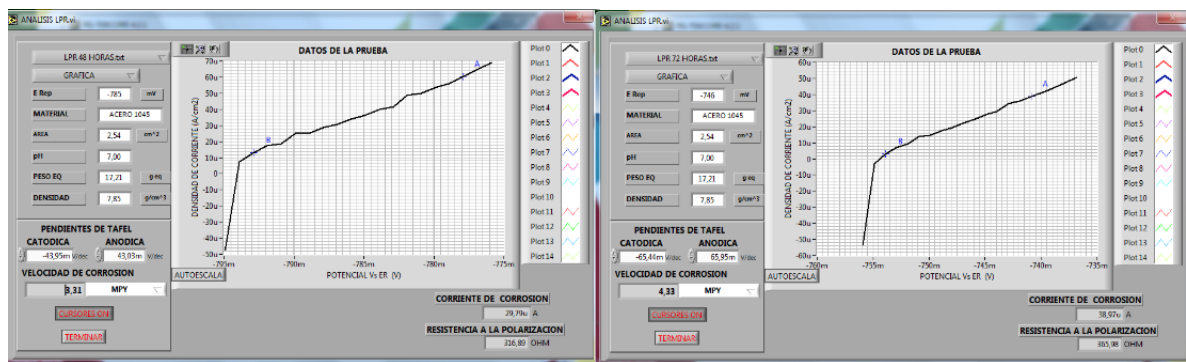


Figura 8. Pruebas LPR salmuera + 15% de áloe vera para 48 y 72 horas.

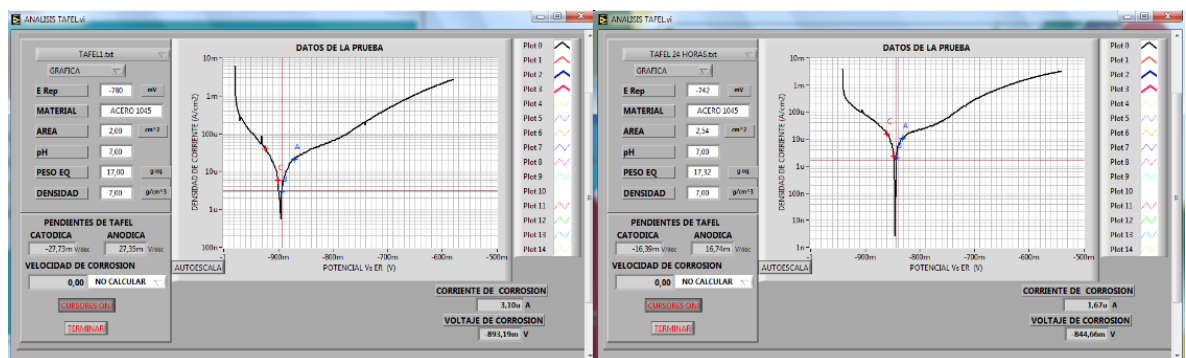


Figura 9. Pruebas Tafel salmuera + 15% de áloe vera para 0 y 24 horas.

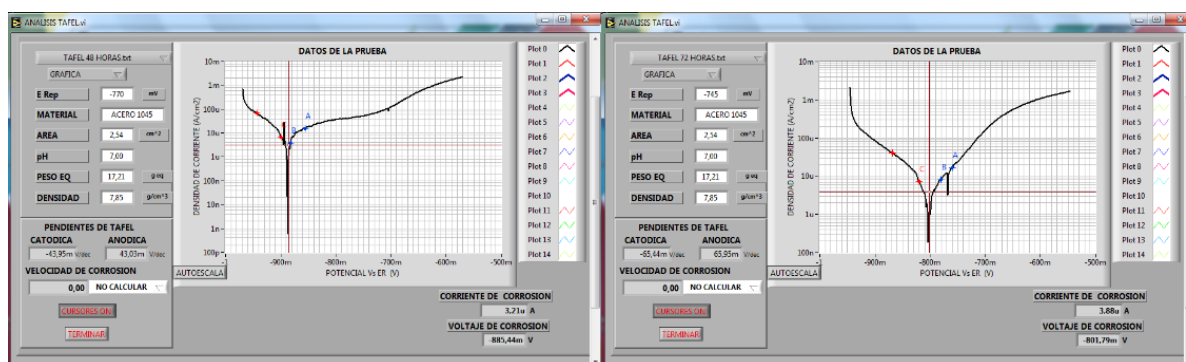
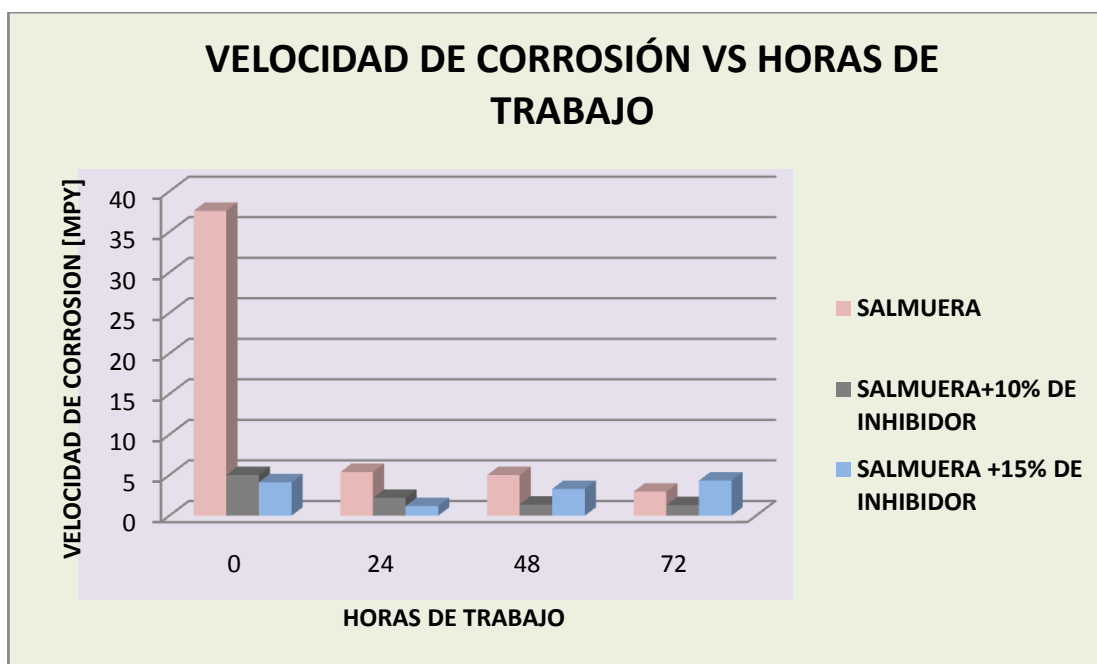


Figura 10. Pruebas Tafel salmuera + 15% de áloe vera para 48 y 72 horas.

Tabla 4. Resultado para la exposición en salmuera + 15% aloe vera.

HORAS DE TRABAJO [h]	PENDIENTES		VELOCIDAD DE CORROSIÓN [MPY]
	ANÓDICA [mV/dec]	CATÓDICA [mV/dec]	
0	27,35	-27,73	4,12
24	16,74	-16,39	1,18
48	43,03	-43,95	3,31
72	65,95	-65,44	4,33



Gráfica 1. Velocidad de corrosión vs horas de trabajo.

Después de analizar el conjunto de datos de las probetas en las diferentes mezclas que se utilizaron, se puede deducir que, en la mezcla de salmuera sin inhibidor se presentó en la hora 0 una alta velocidad de corrosión de 37,61 MPY, la cual fue disminuyendo significativamente con el tiempo, mostrando para la hora 72, una velocidad de corrosión de 2,98 MPY.

Para la mezcla de salmuera + 10% de inhibidor se mostró un resultado favorable iniciando a las 0 horas con una velocidad de corrosión de 5,02 MPY y finalizando a las 72 horas con una velocidad de corrosión de 1,30 MPY.

Y para terminar con la mezcla de salmuera + 15% de inhibidor, nos da un resultado no tan favorable ya que a las 0 horas muestra una velocidad de corrosión de 4,12 MPY y termina a las 72 horas con un incremento de la velocidad de corrosión de 4,33 MPY.

5. CONCLUSIONES

- Se determinó el efecto inhibidor del áloe vera mediante técnicas electroquímicas, dándonos un resultado positivo para la mezcla con 10% de áloe vera, en el cual hubo una reducción significativa en la velocidad de corrosión lo que tiende a disminuir la corrosión en el acero y prolongar su vida útil.
- Se diseñó y desarrolló un proceso para simular el efecto del ataque corrosivo en el cual se utilizó una mezcla de 35g de sal en un litro de agua aparentando un ambiente agresivo para el acero AISI SAE 1045.
- Se determinó los cambios que se presentaron al someter el acero AISI SAE 1045 a ataque corrosivo con inhibidor al 10% y 15% en el cual se pudo apreciar que con la mezcla más alta de inhibidor, no se obtuvieron los resultados deseados, ya que incremento la velocidad de corrosión.
- Se determinó la viabilidad del áloe vera para la mezcla salmuera+10% áloe vera actuando como catalizador de retardo en el proceso de corrosión en el acero; pero también se determinó en la mezcla salmuera+15% áloe vera un incremento en la velocidad de corrosión el cual pudo producirse debido a intromisiones en el proceso, como fueron ruidos e interferencias electromagnéticas.

6. APORTES Y RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar todo el procedimiento electroquímico en un lugar libre de ruidos y en cual no hallan tantas interferencias eléctricas como fueron las del taller de soldadura.
- Para futuros proyectos es importante experimentar dicha mezcla inhibidora en diferentes tipos de aceros y con mayor cantidad de porcentajes de inhibidor para tener un resultado más exacto y con mayor viabilidad del áloe vera.
- Y por último y no menos importante sería interesante después de pulir el electrodo de trabajo se someta a un baño ultrasónico para eliminar los residuos del pulido, ya que las irregularidades de la superficie pueden interferir con el resultado final.

7. BIBLIOGRAFÍA

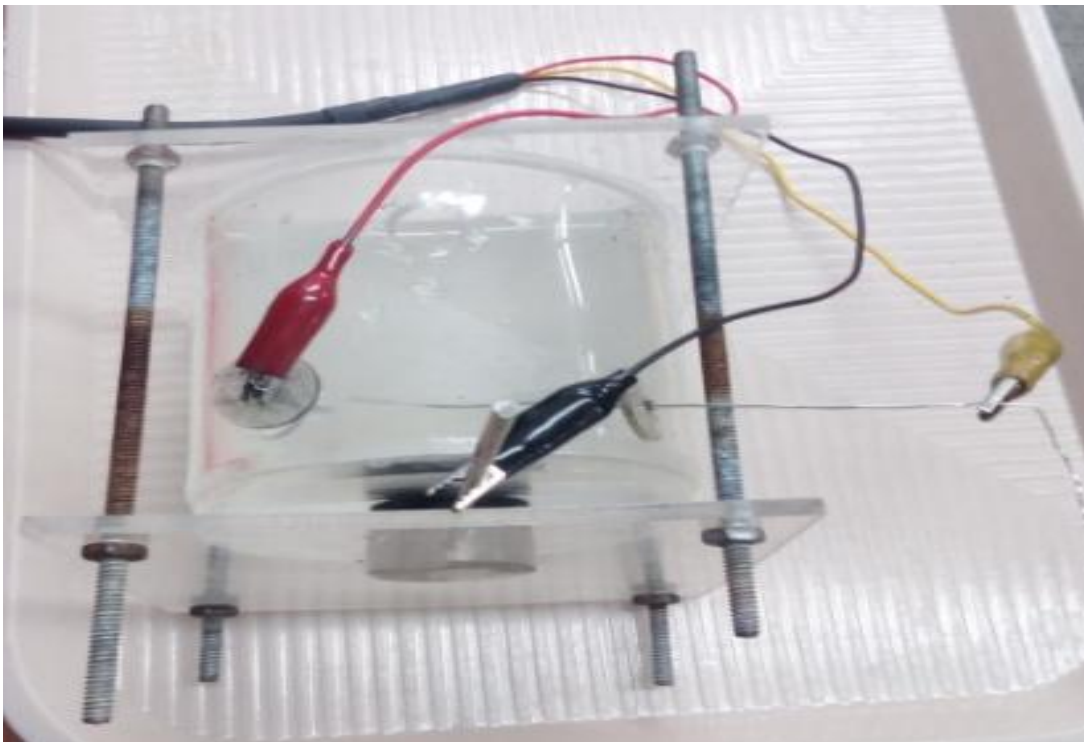
- (UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA. capitulo VII)
https://www.uclm.es/area/ing_rural/Normativa/EAE/capitulo7.pdf
- (ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERON NAVALES)
<http://www.etsin.upm.es/sfs/E.T.S.I.%20Navales/Servicio%20de%20Publicaciones/REPORTORIO%20DE%20DOCUMENTOS/CUARTO%20CURSO/32-Corrosi%C3%B3n.pdf>
- (QUIMICOS SIAMEX)
http://www.productosquimicosmexico.com.mx/inhibidor_de_corrosion.aspx
- (UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA)
https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm12/pfcm12_5_6.html
- (GRUPO CIERRO COOPER S.A DE C.V)
<http://www.cirrocooper.com.mx/2013/03/la-corrosion-afecta-a-todos-los-materiales-incluso-al-medio-ambiente/>
- (REVISTA DE DIVULGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA)
<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol20num2/articulos/corrosion/>

8. ANEXOS

ANEXO 1. Fotografía de probetas



ANEXO 2. Fotografía de montaje



ANEXO 3. Montaje final

